Aus dem pharmakologischen Laboratorium der Universität Basel. (Vorsteher Prof. Dr. A. Jaquet)

Ueber den Einfluss einer nstrengenden körperlichen Arbeit auf die Herztätigkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der hohen medizinischen Fakultät der Universität Basel
vorgelegt von

Charles Krähenbühl
aus Signau (Bern)

BASEL
Buchdruckerei R. G. Zbinden
1918

Aus dem pharmakologischen Laboratorium der Universität Basel. (Vorsteher Prof. Dr. A. Jaquet)

Ueber den Einfluss einer anstrengenden körperlichen Arbeit auf die Herztätigkeit

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der hohen medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Charles Krähenbühl

aus Signau (Bern)

BASEL
Buchdruckerei R. G. Zbinden
1918

Von der medizinischen Fakultät Basel genehmigt a
Antrag von Herrn Prof. Dr. A. Jaquet.

Meinem verehrten Lehrer
Herrn Prof. Dr. A. Jaquet
in Hochachtung und Dankbarkeit
gewidmet.

Es ist schon längst bekannt, dass eine übermässige körperliche Arbeit das Herz in Mitleidenschaft ziehen kann, und dass im Anschluss an forcierte Muskelanstrengungen Zeichen von Herzinsufficienz auftreten können. Es sind auch mehrere Versuche gemacht worden, um die näheren Beziehungen zwischen körperlicher Arbeit und Herztätigkeit beim gesunden und kranken Menschen klarzulegen, in der Erwartung, auf diesem Wege diagnostisch verwendbare Anhaltspunkte über die funktionelle Widerstandskraft des Herzmuskels zu gewinnen.

So hat als erster Christ[1]) Versuche angestellt, indem er seine Versuchspersonen am Tretergostat von Jaquet eine bestimmte Arbeit verrichten liess und die durch diese Leistung bedingte Veränderung der Pulsfrequenz feststellte. Es stellte sich heraus, dass bei gesunden Menschen die Pulsfrequenz mit der Grösse der Arbeitsleistung proportional zunimmt. Dieser Parallelismus ist aber kein vollständiger und er hört mit einer gewissen Höhe der Arbeitsleistung auf, indem die Pulsfrequenz eine bestimmte Grenze nicht, oder nur schwer übersteigt. Ausserdem treten bei stärkerer Arbeit bedeutende individuelle Differenzen hervor, welche bei geringeren Leistungen nicht, resp. in viel kleinerem Masse sich geltend machten. Was die Erholung nach vollendeter Arbeit anbetrifft, so geht dieselbe in den ersten Minuten rasch vor sich, indem die Pulsfrequenz rapid sinkt, während sie sich in der folgenden Zeit wieder langsam der Anfangsgeschwindigkeit vor der Arbeit nähert. Bei Kranken und Rekonvalszenten war dagegen die Reaktion des Herzens auf Muskelarbeit viel stärker ausgesprochen in der Weise, dass bei denselben eine kleine Arbeit, auf welche das Herz des Gesunden nur wenig reagierte, bereits eine starke Pulsbeschleunigung verursachte.

[1]) H. Christ. Ueber den Einfluss der Muskelarbeit auf die Herztätigkeit. Deut. Arch. f. klin. Med., Leipzig 1894.

A. Staehelin[1]) verfolgte die Frage weiter, indem er mi Hilfe der gleichen Methode eine grössere Anzahl von gesunde Individuen unter möglichster Vermeidung von Versuchsfehler untersuchte. Er konnte im grossen und ganzen bestätigen dass mit der Zunahme der geleisteten Arbeit eine entsprechende Steigerung der Pulsfrequenz nach der Arbeit auftritt, beton aber ausdrücklich, dass man von einem proportionalen Ver hältnis zwischen Arbeit und Pulsfrequenz nicht sprechen kann indem man in einigen Fällen bei kleiner Arbeit eine Zunahme des Pulses beobachten kann, welche nicht viel unter der ge ringsten, bei mittlerer Arbeit beobachteten steht. Es bestehe tatsächlich individuelle Differenzen, deren Grund in der Ver schiedenheit der konstitutionellen Anlage gesucht werden muss Besondere Aufmerksamkeit widmete Staehelin dem Erho lungsvorgang nach geleisteter Arbeit. Es stellte sich heraus dass nach einer kleinen Leistung von zirka 1000 kgm. Steig arbeit die Pulsbeschleunigung nach wenigen Minuten regel mässig verschwunden ist; man beobachtet sogar nicht selte eine mässige Verlangsamung, im Vergleich zum Ruhepuls Bei einer mittleren Arbeit von zirka 4500 kgm. spielt sich eben falls der Hauptakt des Erholungsvorganges innerhalb der zwe ersten Minuten ab; und derselbe ist in der grossen Mehrzah der Fälle nach Ablauf von 10 bis 15 Minuten perfekt. Be einer stärkeren Leistung von zirka 10,000 kgm. braucht es zu Erholung längere Zeit, 15 bis 30 Minuten; in einigen Fälle war nach 30 Minuten die Erholung noch nicht vollständig. Mi zunehmender Uebung tritt die Erholung, wie Staehelin a einer Reihe von Versuchspersonen feststellte, auch entsprechen schneller ein.

Als Gegenstück zu diesen an gesunden Individuen ge wonnenen Resultaten bringt Staehelin in einer zweiten Ver öffentlichung die Resultate seiner Untersuchungen an Typhus und Pneumonierekonvaleszenten. Hier tritt ganz besonder deutlich die starke Beschleunigung des Pulses nach einer kleine Steigarbeit von 1000 kgm. hervor. Noch viel bedeutender un in die Augen springend ist die starke Beschleunigung bei eine

[1]) A. Staehelin. Ueber den Einfluss der Muskelarbeit auf die Herz tätigkeit. Inaug. Diss., Basel 1897. Deut. Arch. f. klin. Med. 1898.

mittleren Arbeit von 3000 bis 3500 kgm. Der Erholungsvorgang ist auch in der grossen Mehrzahl der Fälle ein bedeutend langsamerer, und die Herztätigkeit bleibt noch längere Zeit nach der Arbeit eine erregte. Die Pneumonierekonvaleszenten weichen in ihren Reaktionen weniger von den Gesunden ab, als die Typhusrekonvaleszenten; die Beschleunigung nach Arbeit ist weniger gross, und sie erholen sich rascher als letztere. Von besonderem Interesse erscheint in der Kasuistik von Staehelin der Fall eines Pneumonierekonvaleszenten, bei welchem man nach der gleichen Arbeit, fünf Tage täglich wiederholt, an den zwei letzten Versuchstagen eine bedeutend stärkere Pulsbeschleunigung mit langsamem Erholungsvorgang feststellen konnte. Man könnte, wie Staehelin selbst bemerkt, in dieser Erscheinung möglicherweise das erste Zeichen einer durch die ersten Versuche hervorgerufenen subjektiv noch nicht wahrnehmbaren Ueberanstrengung des Herzens erblicken.

Staehelin hatte bereits auf die individuellen Differenzen in der Reaktion des Herzens auf Muskelarbeit hingewiesen. Es war von Interesse, der Frage etwas näher zu treten und zu untersuchen, wie stark die Schwankungen in dieser Beziehung sind, und ob es möglich ist, eine Grenze zwischen den physiologischen und pathologischen Reaktionen festzustellen. Koby[1]) hat sich dieser Aufgabe unterzogen und bei einer Reihe von jungen Leuten, welche alle gesund und im Besitze ihrer vollen Leistungsfähigkeit waren, die Reaktion des Herzens festgestellt, welche auf die gleiche, kurze, aber möglichst intensive Arbeit auftritt. Die Arbeit bestand in einem Schnellauf auf einer Strecke von 400 Meter, die so viel wie möglich in zwei Minuten zurückgelegt werden musste. Die Versuche, die uns hier zunächst interessieren, wurden an fünfzehn verschiedenen Versuchspersonen angestellt. Die Reaktionen, welche nach der oben erwähnten Leistung festgestellt wurden, schwanken innerhalb sehr weiter Grenzen. Während in einigen Fällen die Pulsfrequenz nach Arbeit nur sehr wenig vermehrt war, fanden sich andere Fälle, bei welchen die Frequenz nach Arbeit doppelt so gross war, als in der Ruhe. Dasselbe gilt für den Erho-

[1]) Koby. Ueber die Beziehungen zwischen Herzrythmus und Atmung. Inaug. Diss., Basel 1917.

lungsvorgang. In einigen Fällen wurde nach sechs Minuten die ursprüngliche Frequenz beinahe wieder erreicht, während in anderen eine starke Beschleunigung noch nach fünfzehn Minuten bestand. Es spielen also, wie Koby hervorhebt, bei der Reaktion des Herzens auf Muskelarbeit individuelle Faktoren mit, die wir nicht kennen, sodass wir nicht im voraus sagen können, wie das Herz eines gegebenen Individuums sich verhalten wird.

Reaktion des Herzens auf eine anstrengende Arbeit.

Die Arbeitsleistungen, welche bei den angeführten Arbeiten in Betracht kamen, waren recht bescheidene, so dass bei Verrichtung derselben eine eigentliche Anstrengung des Herzmuskels, mit Ausnahme vielleicht von einigen Rekonvaleszenten, gar nicht in Frage kam. Es war daher von Interesse zu untersuchen, wie sich das Herz verhält bei einer anstrengenden, längere Zeit verrichteten Arbeit. Zu diesem Zwecke benutzten wir die Gelegenheit der Versuche von Jaquet[1]) zur Erforschung der Nachwirkung einer angestrengten Muskelarbeit auf den Stoffwechsel. Diese Versuche wurden im Jahre 1909 auf der Bahnlinie der Drahtseilbahn St. Imier-Sonnenberg im Berner Jura gemacht. „Die Anfangsstation St. Imier", sagt Jaquet, „befindet sich 832,8 m. über Meeresspiegel; von derselben führt die Bahn mit einer Anfangssteigung von 30 %, welche progressiv bis zu 60 % zunimmt, zur 1173,6 m. gelegenen Endstation auf dem Sonnenberg. Die Linie hat eine Länge von 736 m. und die Zahl der Stufen auf der ganzen Strecke beträgt 1552. Diese 1552 Stufen mit einem Höhenunterschied von 340,7 m. legte ich gewöhnlich in 45 Minuten zurück."

In den bisherigen Versuchen wurde als einziges Kriterium der Erholung des Herzens die Rückkehr zur normalen Pulsfrequenz ins Auge gefasst. Staehelin hat zwar auch den Versuch gemacht, aus der Analyse der Pulskurve selbst An-

[1]) A. Jaquet. Ueber die Nachwirkung einer angestrengten Muskelarbeit auf den Stoffwechsel. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol., Bd. 62.

haltspunkte zur Beurteilung der Herztätigkeit zu gewinnen. Wir sind aber einstweilen über die Entstehungsweise der Pulskurve und die Faktoren, welche dieselbe beeinflussen, noch zu wenig orientiert, um aus Aenderungen der Form des Sphygmogramms Rückschlüsse auf die Herztätigkeit ziehen zu können. Auf der andern Seite ist nicht zu leugnen, dass die Rückkehr zur normalen Pulsfrequenz nicht genügt, um mit voller Sicherheit eine Erholung der Herztätigkeit annehmen zu können. Der Puls könnte ganz gut die frühere Frequenz angenommen haben und trotzdem die funktionelle Tätigkeit des Herzmuskels eine Schädigung erfahren haben. Es schien uns aus diesem Grunde angebracht, die Erholung des Herzens am Einfluss anderer Faktoren auf das Herz zu untersuchen, um eine eventuelle erhöhte Reizbarkeit, respektive Schwächung des Herzmuskels nach Arbeit, bei der einen oder bei der andern Reaktion festzustellen.

In einer Reihe von Vorversuchen in Basel wurde zunächst der Puls in der Ruhe, nachdem die Versuchsperson eine Viertelstunde ruhig gesessen hatte, untersucht. Gleichzeitig wurde der Blutdruck nach Riva-Rocci bestimmt. Darauf wurde der Einfluss der Atmung auf den Puls untersucht, indem mit Hilfe eines einfachen Sphygmocardiogramms gleichzeitig Puls- und Atmungskurve registriert wurden. In einem dritten Versuchsabschnitt wurde der Einfluss des Lagewechsels auf den Puls festgestellt, indem der Puls zuerst sitzend, dann stehend, dann liegend und schliesslich wieder stehend, untersucht wurde. Zuletzt wurde der Einfluss einer bestimmten körperlichen Arbeit auf das Herz untersucht, und der Ablauf des Erholungsvorgangs festgestellt. Die Arbeit bestand im Treppensteigen von 72 Stufen, welche im Zeitraum von 1 Minute und 15 Sekunden zurückgelegt wurden.

Nach der Vorperiode in Basel wurden die Versuche auf dem Sonnenberg durchgeführt. Es wurden im ganzen sechs Versuche gemacht. Im Versuch I und II wurde die Treppe einmal, im Versuch III zweimal, im Versuch IV dreimal und im Versuch V und VI je viermal hintereinander bestiegen. Nach Ankunft auf dem Sonnenberg fuhr die Versuchsperson (J)

per Bahn hinunter, um sofort die nächste Steigung vorzunehmen. Zwischen zwei Besteigungen betrug die Ruhepause 20 Minuten. Die vier Aufstiege in den Versuchen V und VI erforderten ungefähr fünf Stunden. Während dieser Zeit wurden 6208 Stufen, und eine Höhe von 1363 m. erklettert. Im Versuche VI hatte am Tage vorher noch ein Aufstieg auf den Chasseral stattgefunden.

Die einmalige Besteigung der 1552 Stufen entspricht ungefähr einer äusserlichen Arbeitsleistung von 28,700 kgm. Bei einer viermaligen Besteigung beträgt somit die Arbeitsleistung 112,000 kgm. Dazu muss man selbstverständlich die Mehrarbeit rechnen, welche durch die vermehrte Herzarbeit und die gesteigerte Atmungstätigkeit verursacht ist. Da wir aber Atmungsgrösse und Pulsfrequenz während der Arbeit nicht bestimmt haben, müssen wir darauf verzichten, ihren Anteil an die Arbeitsleistung auch nur annähernd ziffernmässig auszudrücken.

Nach beendigter Arbeit wurden sofort Pulsfrequenz und Blutdruck bestimmt, sowie die Herzgrösse perkussorisch festgestellt. Eine halbe Stunde nach beendigter Arbeit wurde dann der Einfluss der Atmung und des Lagewechsels auf die Herztätigkeit untersucht. Es konnten diese Versuche nicht früher unternommen werden, weil vorher ein Respirationsversuch zur Bestimmung des Gaswechsels gemacht werden musste. Drei Stunden nach beendigter Arbeit wurde der Einfluss einer kleinen Arbeit auf die Herztätigkeit geprüft und fünf Stunden nach der grossen Arbeit wurde wiederum der Einfluss der Atmung und des Lagewechsels bestimmt. Auf einen Tag mit grosser Arbeit folgte immer ein Ruhetag, an welchem der Einfluss der Atmung, des Lagewechsels und einer kleinen Muskelarbeit auf die Herztätigkeit untersucht wurde.

Wenn wir nun zur Besprechung der Ergebnisse übergehen, so haben wir zunächst die Variation der Pulsfrequenz nach Arbeit etwas näher zu betrachten. Wir haben die betreffenden Zahlen in den beiden nachstehenden Tabellen zusammengestellt.

Tabelle 1.

Versuchsnummer	I	II	III	IV	V	VI
Datum	5. VIII	7. VIII	10. VIII	14. VIII	18. VIII	21. VIII
Zahl der Besteigungen	1	1	2	3	4	4
Leistung in kgm	27937	27937	55874	83812	111749	111749
Ruhepuls vor Aufstieg	72,8	65	60	66,5	58	65,7
Pulszahl sofort nach Ankunft	118	100	122	130	132	130
„ ½ Stunde später	92	80	96	90	87,2	92,5
„ 3 Stunden „	73,6	66,5	76	68,8	70,1	83
„ 5 „ „	63,7	70	64,5	64,5	66	73
„ am folgenden Tag	60,7	71,6	62	61,4	60	66,6

Tabelle 2.

Versuchsnummer		I	II	III	IV	V	VI
Zahl der Aufstiege		1	1	2	3	4	4
Ruhepuls		72,8	65	60	66,5	58	65,7
Pulszahl nach Ankunft		118	100	122	130	132	130
Vermehrung der Pulszahl nach den Aufstieg.	sofort nach Ankunft	45,2	35	62	63,5	74	64,3
	nach ½ Stunde	19	15	36	23,5	29,2	26,8
	„ 3 Stunden	0,8	1,5	16	2,3	12,1	17,3
	„ 5 „	—9,1	5	4,5	2	8	7,3
	„ 1 Tag	—12,1	6,6	2	—5,1	2	0,9

Unmittelbar nach Arbeit konstatieren wir in sämtlichen Versuchen eine ziemlich beträchtliche Zunahme der Pulsfrequenz. Wenn wir die Versuche I und II vergleichen, bei welchen die gleiche Arbeit verrichtet wurde, so ist die Pulsbeschleunigung im I. Versuch um 10 grösser als im II. Der I. Versuch mag insofern kein richtiges Bild geben, als es sich dabei um die erste Besteigung handelte, und der vollständige Mangel an Uebung für diese Art Bewegung, zweifellos bei diesem Versuch eine übertriebene Anstrengung zur Folge hatte. Dies geht auch aus den Ergebnissen der Gaswechselbestimmungen hervor, welche nach dem I. Versuch einen O-Verbrauch und eine CO_2-Produktion aufwiesen, welche höher ausfielen als bei sämtlichen nachfolgenden Versuchen. Dazu mag noch der Umstand in Betracht kommen, dass am Tage vorher eine ziemlich beträchtliche Arbeit bei dem Transport der Apparate und Errichtung des Laboratoriums auf dem Sonnenberg geleistet worden war. Wir möchten also den II. Versuch als eigentlich normalen Versuch betrachten. Bei diesem Versuch konstatieren

wir sofort nach Ankunft eine Vermehrung der Pulsfrequenz von 35. Nach einer halben Stunde ist bereits eine deutliche Verlangsamung zu konstatieren; die Vermehrung beträgt nur noch 15. Nach drei Stunden ist die Rückkehr zur normalen Frequenz erreicht.

Im Versuch III, bei welchem die doppelte Arbeit geleistet wurde, ist die Beschleunigung unmittelbar nach geleisteter Arbeit auch grösser als im Versuch II. Der Unterschied steht aber in keinem Verhältnis zur Differenz der Arbeitsleistung. Die Erholung ist ebenfalls eine langsamere als im Versuch II. Nach drei Stunden ist der Rhythmus noch immer um 16 Pulsationen beschleunigt, und nach fünf Stunden haben wir sogar noch 4,5 Pulsationen mehr als in der Ruhe. Indessen ist dieser Differenz kaum eine Bedeutung beizumessen.

In den Versuchen IV, V und VI, bei welchen der Berg drei- und viermal bestiegen wurde, finden wir ungefähr die gleiche Pulsfrequenz nach beendigter Arbeit. Dieselbe ist nur wenig höher als im Versuch III. Die Erholung im Versuch IV erfolgt rascher als im Versuch III und gleicht derjenigen im Versuch II. In den zwei letzten Versuchen ist die Erholung langsamer, und nach fünf Stunden noch nicht ganz perfekt.

Es ist schwer, in dieser Versuchsreihe den eigentlichen Einfluss der Uebung festzustellen, indem mit der zunehmenden Zahl der Versuche, die Grösse der Leistung ebenfalls stieg. Dieser Einfluss der Uebung scheint uns trotzdem unverkennbar, namentlich, wenn man die Versuche II, III und IV, und die Geschwindigkeit des Erholungsvorganges in diesen Versuchen vergleicht. Im Versuch IV neutralisiert die Uebung die ungünstige Wirkung der grösseren Leistung in der Weise, dass die Erholung bereits schneller und vollständiger eintritt als im Versuch III, sodass der Erholungsvorgang im Versuch IV demjenigen des Versuches II, bei der kleinen Arbeitsleistung ähnlich sieht.

Als Hauptresultat der vorliegenden Versuche möchten wir aber die wunderbare Anpassungsfähigkeit des Herzens betrachten, welches auf eine doch beträchtliche Mehrarbeit in relativ sehr kurzer Zeit, wieder zu einem vollständig normalen Rhythmus zurückkehrt.

In den vorliegenden Versuchen betrug bei der grössten Arbeit die Arbeitszeit etwa fünf Stunden. Es handelt sich also bei den Versuchen nur um eine mittelgrosse Muskelleistung, obschon im Versuche V und VI am Ende der Arbeit eine gewisse Müdigkeit sich bemerkbar machte.

Um die Wirkung einer grösseren Leistung festzustellen, machte im gleichen Jahre, und ein Jahr später, Jaquet noch die beiden folgenden Versuche.

Im I. Versuch wurde mit einer Bepackung von 8 kg. ein Ausflug gemacht, von Läufelfingen über den Belchen nach Schönthal und über den Dürenberg, Bielstein auf den Kellenkopf; dann die Wasserfälle hinunter über Reigoldswil nach Oberdorf. Um 7½ Uhr von Läufelfingen aufgebrochen, langte J. nachmittags 4 Uhr in Oberdorf an. Es wurde eine Rast von 20 Minuten zum Frühstück auf dem Belchen gemacht, und eine zweite auf dem Kellenkopf von 40 Minuten, wo eine kleine Mahlzeit genommen wurde. In 7½ Stunden wurden ungefähr 25 km. zurückgelegt, mit einem Höhenunterschied von 1200 m. Diese Leistung, welche einem gewöhnlichen Sonntagsausflug entsprechen dürfte, war nicht besonders ermüdend.

Wir geben in folgender Tabelle die erhaltenen Zahlen:

Datum	Tageszeit	Ort	Puls	Atemzüge pro Minute	Körpertemp.
24. September	5 Uhr a.m.	Basel	65	17	36,5
	10 „	Belchen			36,6
	12^{40} „ p.m.	Kellenkopf			37
	4 „	Oberdorf	118	28	37,3
	4^{15} „	„	112		
	5 „	„	96	25	37,4
	6^{10} „	Basel	96	22	
	9^{30} „	„	86	23	36,6
25. September	6 „ a.m.	„	74	17,5	36,6

In einem zweiten Versuche ging der Marsch mit der gleichen Bepackung von 8 kg. über Erschwil auf die Hohe Winde und den Passwang nach Reigoldswil. Die Dauer des Marsches betrug 10 Stunden; davon sind abzuziehen: eine Rast

von 30 Minuten auf der Hohen Winde und eine zweite von 45 Minuten auf dem Passwang. Der zurückgelegte Weg betrug zirka 24 km. und die bestiegene Höhe zirka 1000 bis 1100 m. Es handelte sich also wiederum in diesem Falle um eine mässige Leistung, welche in keiner Weise mit der stärkeren Anstrengung einer Alpentour verglichen werden kann.

Die Pulsfrequenz, die beim Abmarsch 67 betrug, war eine halbe Stunde nach der Ankunft in Reigoldswil noch auf 90 erhöht, abends 8 Uhr betrug sie noch 86, und 8 Uhr 40 ebenfalls 86. Am andern Morgen war die Pulsfrequenz 67. Die Atemfrequenz betrug abends 9 Uhr: 20 pro Minute.

Also auch hier bei einer grösseren Leistung eine Rückkehr zur Norm, die nach einigen Stunden, oder am folgenden Tag perfekt ist.

Ausserdem wurden bei unsern Versuchen auf dem Sonnenberg einige Blutdruckbestimmungen gemacht. Wir hatten vorher in Basel den Blutdruck mit Riva-Rocci an vier verschiedenen Tagen bestimmt, und dabei Werte von 107, 105, 105 und 102 mm. Hg. erhalten. Auf dem Sonnenberg haben wir folgende Werte beobachtet:

Versuchsnummer	Zeit nach beendigter Arbeit	Blutdruck
II	8 Minuten	96 mm Hg.
II	24 Stunden	109 „ „
III	10 Minuten	101 „ „
III	24 Stunden	107 „ „
IV	16 Minuten	103 „ „
IV	24 Stunden	108 „ „
V	9 Minuten	100 „ „
VI	10 „	97 „ „
VI	24 Stunden	94 „ „
VI	48 „	99 „ „

Oertel[1]) hatte seiner Zeit eine, zwar mässige Zunahme des Blutdrucks nach einem Marsche konstatiert.

Wenn man seine Zahlen betrachtet, so sieht man, dass diese Zunahme des Blutdrucks abnimmt, respektive fehlt, bei

[1]) Oertel. Allg. Therapie der Kreislaufstörungen, Leipzig 1891, S. 170.

den folgenden Märschen. Unsere Versuche zeigen keine Einwirkung der Muskelarbeit auf den Blutdruck, und stimmen somit überein mit den Versuchen von Zuntz und Hagemann,[1]) und von Kaufmann[2]), am Pferde.

Wir haben auch versucht uns über die Grössenverhältnisse des Herzens nach Arbeit zu orientieren, obschon wir uns bewusst waren, dass die Ergebnisse der Perkussion zur Ermittlung kleiner Herzgrössedifferenzen, recht unsicher sind. Indessen liess sich doch mit Bestimmtheit eine deutliche Verschiebung des Spitzenstosses nach Arbeit feststellen. Während in der Ruhe der Spitzenstoss im fünften Intercostalraum innerhalb der Mammillarlinie schwach zu fühlen war, war er nach dem I. Versuch 10 Minuten nach Arbeit in der Mammillarlinie zu fühlen. Im Versuch III war während des Aufstieges der Spitzenstoss deutlich ausserhalb der Mammillarlinie zu fühlen. Unmittelbar nach der Ankunft wurde die Lage des Spitzenstosses in der Mammillarlinie festgestellt. In den Versuchen IV, V und VI befand sich der Spitzenstoss unmittelbar nach der Ankunft, 1 cm ausserhalb der Mammillarlinie.

Dieses Ergebnis stimmt auch mit den Resultaten von Zuntz und Nikolai[3]) überein, welche auf radiographischem Wege, während der Arbeit den Herzschatten vergrössert, nach Beendigung derselben, während der Erholung, eine Verkleinerung desselben fanden.

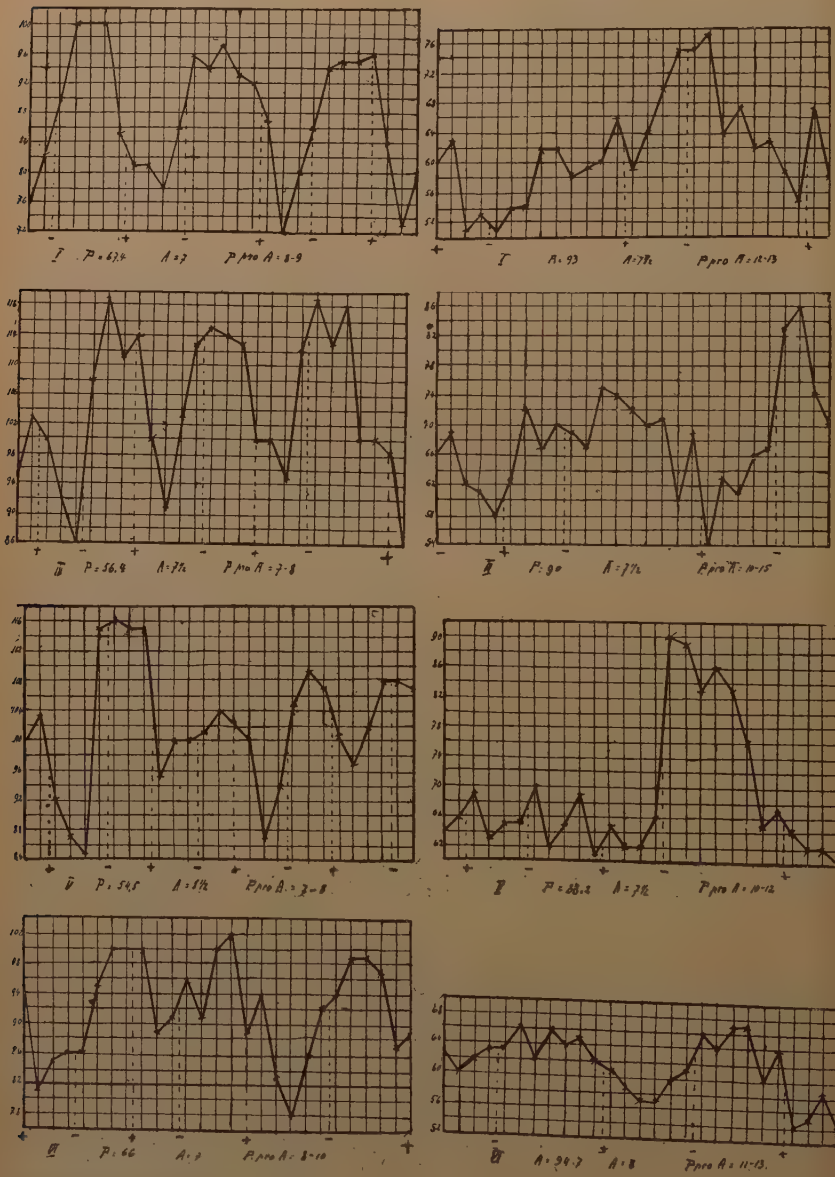
Einfluss der Atembewegungen auf die Pulsfrequenz in der Ruhe und nach Arbeit.

Zur Untersuchung der zwischen der Pulsfrequenz und den Atembewegungen bestehenden Beziehungen, wurden Puls und Atmung gleichzeitig, mit Hilfe eines einfachen Sphygmocardiographen registriert, indem die Thoraxbewegungen von einem am Thorax applizierten Gummiballon aufgenommen, und durch Lufttransmission einer Registrierkapsel übertragen wurden. Auf diese Weise konnte der Zeitpunkt des Einsetzens der verschiedenen Atmungsphasen auf der Pulskurve genau festgestellt

[1]) Zuntz und Hagemann. Stoffwechsel des Pferdes. Berlin, P. Parey, 1898.
[2]) Kaufmann. Archives de physiologie 1892, p. 495.
[3]) Zuntz und Nikolai. Berl. klin. Wochenschr. 1914, No. 18.

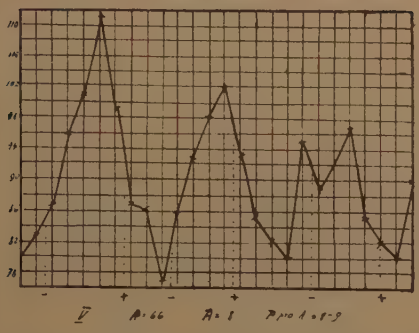
Pulsationsdauer in $^1/_{100}$ Sekunde bei tiefer Atmung.

Vor Arbeit. **$^1/_2$ Stunde nach Arbeit.**

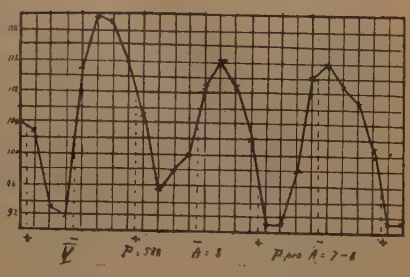


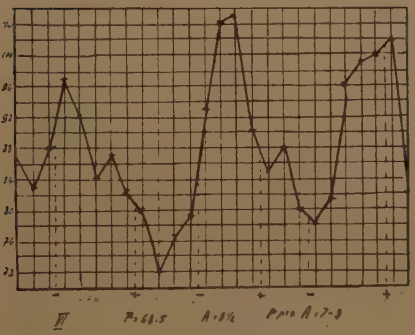
A=Atmung pro Min P=Pulszahl pro Min. ⊢ = Inspiration. — = Exspiration.

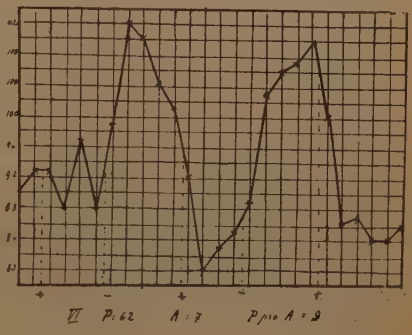
5 Stunden nach Arbeit.



24 Stunden nach Arbeit.





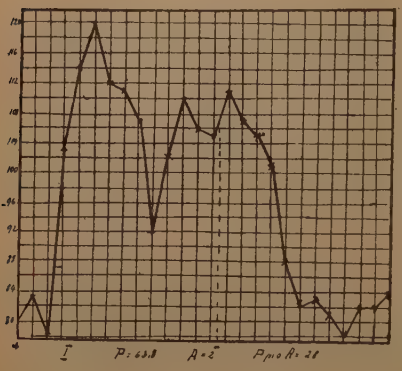


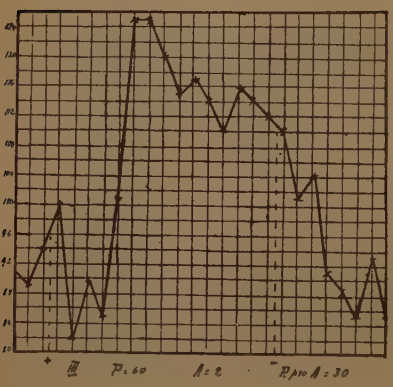
A=Atmung pro Min. P=Pulszahl pro Min. ⊢ = Inspiration. — = Exspiration.

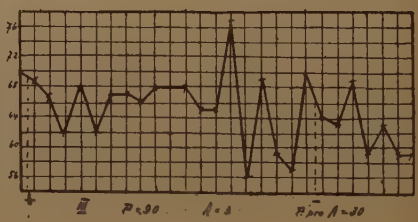
werden. Die Pulsationen wurden dann mit Hilfe des Kurvenanalysators genau gemessen und ihre Dauer in $^1/_{100}$ Sekunden ausgerechnet. Zur besseren Uebersicht der auf diese Weise gewonnenen Resultaten, haben wir dieselben graphisch dargestellt in der Weise, dass auf die Abscissen des Coordinatensystems, die Pulsationen fortlaufend eingetragen wurden, während ihre respektive Dauer durch die Ordinaten angegeben wird. Diese Versuche wurden zuerst in der Ruhe, vor Arbeit angestellt, dann $^1/_2$ Stunde nach verrichteter Arbeit, 5 Stunden nach Arbeit und noch 24 Stunden nach Arbeit. Es war nicht möglich die Untersuchung früher vorzunehmen, da, wie bereits oben angedeutet, ein Gaswechselversuch zuerst gemacht werden musste. Es wurde untersucht: der Puls bei gewöhnlicher Atmung, bei tiefer Atmung, bei maximal vertiefter und verlangsamter Atmung, wobei sorgfältig auf ein Offenlassen der Glottis geachtet wurde.

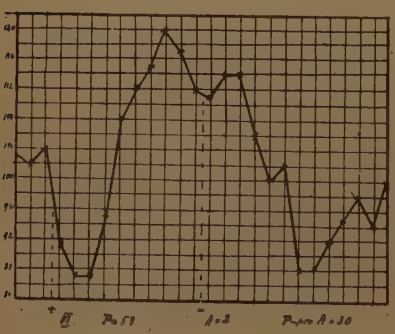
Pulsationsdauer in $^1/_{100}$ Sek. bei forcierter Atmung.

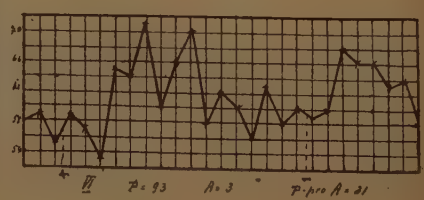
Vor Arbeit. **$^1/_2$ Stunde nach Arbeit.**





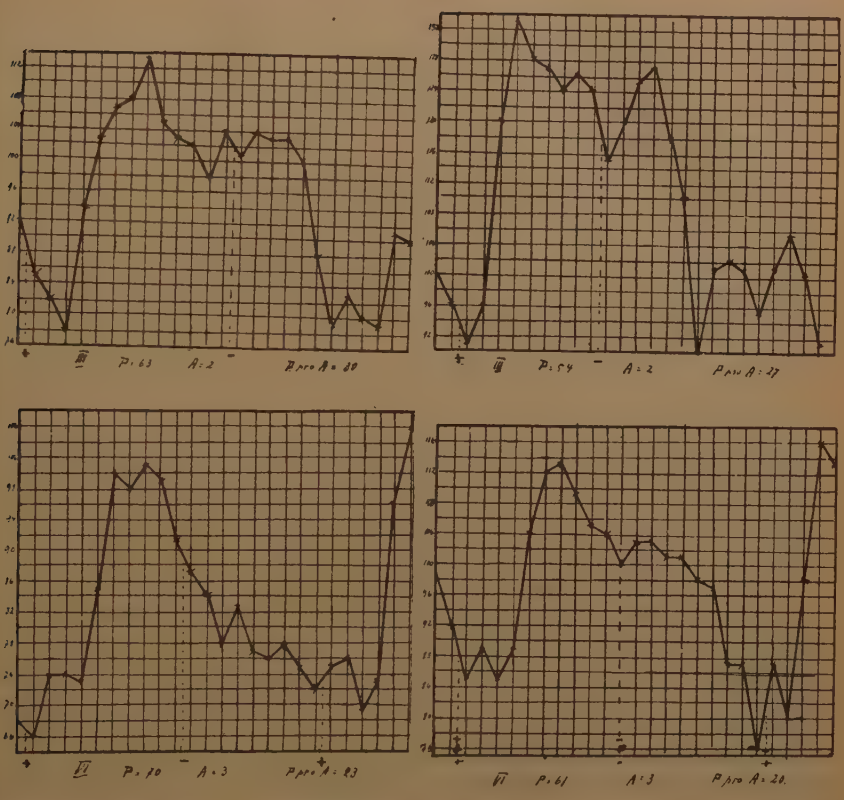






A=Atmung pro Min. P=Pulszahl pro Min. + = Inspiration. — = Exspiration.

5 Stunden nach Arbeit. **24 Stunden nach Arbeit.**



A=Atmung pro Min. P=Pulszahl pro Min. ⊦ = Inspiration. — = Exspiration.

Wir lassen hier bei der Besprechung der Resultate diejenigen bei gewöhnlicher Atmung beiseite, da bei derselben ein deutlicher Einfluss der Atembewegungen auf den Puls nicht zu Tage tritt.

Wenn wir dagegen die Versuche bei tiefer Atmung genauer betrachten, so fällt eine, mit der Atmung zweifellos zusammenhängende Zu- und Abnahme der Pulsfrequenz beim ersten Blick auf. In allen Lehr- und Handbüchern, welche sich über diesen speziellen Punkt äussern [M. v. Frey,[1])

[1]) M. v. Frey, Die Untersuchungen des Pulses, Berlin 1892, S. 203.

Tiegerstedt,[1]) F. B. Hoffmann[2])] findet man die Angabe, dass die Pulsfrequenz bei der Inspiration zunimmt und bei der Exspiration abnimmt. Einige Autoren, unter anderen Marey,[3]) haben auch das umgekehrte Verhalten, das heisst eine Verlangsamung der Pulsfrequenz bei der Inspiration, und eine Vermehrung derselben bei der Exspiration beobachtet.

Wenn wir nun zunächst unsere bei tiefer Atmung und in der Ruhe gewonnenen Resultate betrachten, so sehen wir, dass in der Tat die auf das Einsetzen der Inspiration folgenden Pulsationen von kürzerer Dauer sind als die vorhergehenden. Die Beschleunigung des Pulses erfolgt aber nicht gleichzeitig mit dem Einsetzen der Inspiration, sondern hat bereits während der Exspirationsphase begonnen. Im weiteren Verlauf der Inspirationsphase schlägt das Verhältnis um: der Puls wird langsamer, und diese Verlangsamung dauert nach dem Einsetzen der Exspiration noch für zwei bis vier Pulsationen weiter, worauf noch in der Exspirationsphase eine progressive Beschleunigung des Pulses einsetzt.

In den Versuchen V und VI ist zwar der Rythmus, wenn auch noch wahrnehmbar, nicht so ausgesprochen wie in den vier ersten Versuchen. Der Grund mag vielleicht darin gesucht werden, dass in diesen Versuchen etwas schneller und möglicherweise oberflächlicher als in den vorhergehenden Versuchen geatmet wurde. Die Versuchsperson atmete frei und wir haben erst bei der Bearbeitung unserer Versuche die Unterlassung einer Regelung des Atemtempos als störenden Faktor bei der Bewertung unserer Versuche empfunden.

Wenn wir nun die Resultate vor und nach Arbeit vergleichen, so sehen wir, dass der Rhythmus, den wir in der Ruhe regelmässig feststellen können, nach Arbeit lange nicht mehr so hervortritt. Einzig im Versuche nach einmaliger Besteigung des Berges finden wir einen gleichen Rhythmus, wie bei den Ruheversuchen. In den andern Versuchen, namentlich in den Versuchen V und VI, ist die Kurve stark gezackt und

[1]) Tiegerstedt, Physiol. des Kreislaufs, Leipzig 1893, S. 458.
[2]) F. B. Hoffmann, in Nagels Handb. der Physiol., Bd. I, 1909.
[3]) Marey, La circulation du sang, 1881, p. 462.

unregelmässig, so dass ein Rhythmus nicht mehr, oder kaum angedeutet, wahrgenommen werden kann.

Fünf Stunden nach verrichteter Arbeit erhalten wir wieder Kurven, welche denjenigen vor Arbeit durchaus ähnlich sind.

Noch deutlicher tritt die Wirkung der Atmung auf die Pulsfrequenz hervor bei möglichst vertiefter und verlangsamter Atmung. In der Ruhe ist das Verhältnis gleich, wie bei tiefer Atmung, das heisst, die auf das Einsetzen der Inspiration folgenden Pulsationen sind beschleunigt. Die darauf folgenden Pulsationen zeigen aber eine progressive Verlangsamung. Während bei tiefer Atmung der Puls nach Einsetzen der Exspiration noch weiter sich verlangsamt, um erst im Laufe der Exspiration eine Beschleunigung zu erfahren, sehen wir, dass bei der maximal verlangsamten und vertieften Atmung das Maximum der Verlangsamung noch während der Inspirationsphase erreicht wird, worauf noch einige beschleunigte Pulse erfolgen, sodass die Exspiration auf dem absteigenden Schenkel der Kurve, dass heisst bei progressiver Zunahme der Pulsfrequenz einsetzt. Die nach Arbeit gewonnenen Kurven zeichnen sich durch ihre Unregelmässigkeit aus, und ein Einfluss der Atmung auf den Pulsrythmus ist hier nicht mehr zu erkennen. Nach fünf Stunden ist der in der Ruhe bereits notierte Rhythmus wieder vorhanden. Ebenso nach 24 Stunden.

Man hat diese Einwirkung der Atmung auf die Pulsfrequenz als einen vom Lungenvagus ausgehenden Reflex angesehen, indem diese Variation nach Vagusdurchschneidung verschwindet. Es würde uns zu weit abseits von unserm eigentlichen Thema abbringen, wollten wir an dieser Stelle auf die Ursachen der von uns festgestellten Variationen eingehen. Wir behalten uns eine gründliche Erläuterung dieser Vorgänge bei einer andern Gelegenheit vor.

Immerhin möchten wir hier hervorheben, dass die Störungen in den Beziehungen der Pulsfrequenz und Atmung nach Arbeit unserer Ansicht nach nicht als Ermüdungserscheinung des Herzmuskels aufzufassen sind, sondern dass es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um eine durch die Arbeit bedingte temporäre Abstumpfung der nervösen Reflexerregbarkeit handelt.

Einfluss des Lagewechsels auf die Pulsfrequenz in der Ruhe und nach einer anstrengenden Arbeit.

Es ist bekannt, dass durch den Uebergang von der vertikalen in die horizontale Lage die Pulsfrequenz verlangsamt, und umgekehrt nach Wiederaufrichten beschleunigt wird. Minassian[1]) hat bei einer grösseren Anzahl von gesunden Individuen die Reaktion untersucht, und bedeutende individuelle Differenzen festgestellt. In einigen Fällen fand er zwischen der vertikalen und horizontalen Lage einen Unterschied von bloss neun Pulsationen in der Minute; während in andern Fällen die Differenz 24, ja sogar 29 Pulsationen erreichte. Eine gleichzeitige Bestimmung des Blutdrucks ergab, dass derselbe in der horizontalen Lage höher ist als in der vertikalen Stellung. Die individuellen Verschiedenheiten sind aber für den Blutdruck wenn möglich noch ausgesprochener als für die Pulsfrequenz. Während in einzelnen Fällen eine nur eben noch wahrnehmbare Blutdrucksteigerung festgestellt wurde, stieg dieselbe in andern Fällen beinahe auf das doppelte ihrer ursprünglichen Höhe. Irgend welche regelmässige Beziehungen zwischen der Höhe des Blutdrucks und der Frequenz des Pulses konnten nicht festgestellt werden. Ebensowenig liess sich aus dem Verhalten der Atmung bei Lagewechsel ein Anhaltspunkt zur Erklärung der Veränderung der Pulsfrequenz finden. Man wird also wohl kaum fehlgehen, wenn man die Reaktion des Pulses auf den Lagewechsel nicht als Ausdruck der veränderten hydrostatischen Verhältnisse, sondern auf Rechnung eines auf den Vagus einwirkenden Reflexes setzt.

Bei Infektionskrankheiten fand Minassian die grössten Unterschiede der Pulsfrequenz im Liegen und im Stehen bei Pneumonierekonvaleszenten; während bei Typhusrekonvaleszenten die Differenzen im ganzen etwas geringer ausfielen. In zwei Fällen sogar zeigte der Puls im Liegen eine Beschleunigung statt einer Verlangsamung. Auffallend war das Verhalten der Patienten mit kompensiertem vitium cordis. Hier zeigte sich der Unterschied der Pulsfrequenz im Stehen und im

[1]) Minassian. Einfluss der Körperlage auf die Herztätigkeit, Inaug. Diss., Basel 1895.

Liegen am geringsten. In den wenigsten Fällen wurde nach Lagewechsel eine Differenz festgestellt, welche den schwächeren bei Gesunden beobachteten gleichkam. Auffallend ist aber, dass im Gegensatz zu den Versuchen an den Gesunden, und anderen Kranken, im Liegen relativ häufig eine grössere Frequenz der Herzschläge beobachtet wurde.

Es schien uns von Interesse, zu untersuchen, in welcher Weise eine anstrengende Muskelarbeit diese Reaktion des Herzens zu beeinflussen vermag.

Gleichzeitig wie die im vorhergehenden Abschnitte behandelten Versuche über Puls und Atmung haben wir Versuche über den Einfluss des Lagewechsels auf den Puls angestellt. Es wurden zunächst in der Ruhe vor der Arbeit, dann eine halbe Stunde nach Arbeit, fünf Stunden nach Arbeit und 24 Stunden nach Arbeit, der Puls zuerst sitzend untersucht, dann sofort nach Aufrichten, fünf Minuten nach Aufrichten, sofort nach Abliegen, fünf Minuten nach Abliegen und sofort nach Wiederaufrichten. Die Resultate haben wir in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Die Versuchsnummern entsprechen der in den früheren Abschnitten dieser Arbeit erwähnten Versuche. Im Versuche I und II wurde der Berg einmal bestiegen, im Versuch III zweimal, im Versuch IV dreimal, und im Versuche V und VI viermal. Zur besseren Uebersicht haben wir die gewonnenen Zahlen gleichzeitig graphisch dargestellt.

Auf den Abszissen wurden die verschiedenen Phasen des Versuchs, 1 = sitzend, 2 = sofort nach Aufrichten, und so weiter eingetragen; auf den Ordinaten die entsprechende Zu- oder Abnahme der Pulsfrequenz.

Wenn wir zunächst die Resultate vor Arbeit etwas näher betrachten (Tabelle 3), so sehen wir, dass die Pulsfrequenz durch den Uebergang der sitzenden in die vertikale Station regelmässig zunimmt. Die Zunahme beträgt 7,6 bis 14,9 Pulsationen. Nach fünf Minuten tritt in allen Fällen eine leichte Verlangsamung ein. Der Uebergang von der vertikalen zur horizontalen Station hat in allen Fällen eine Verlangsamung zur Folge, welche nicht sofort, sondern erst nach fünf Minuten ihre volle Höhe erreicht. Der Puls wird um drei bis fünf

Pulsationen langsamer als der Ruhepuls bei Beginn des Versuches. In einem einzigen Falle ist nach fünf Minuten liegen der Puls um fünf Pulsationen schneller als sofort nach dem Abliegen. Der Uebergang von der horizontalen in die vertikale Station hat dann wiederum in sämtlichen Fällen eine Beschleunigung des Pulses um 3,3 bis 12,2 Pulsationen zur Folge.

Nach Arbeit (Tabelle 4), sehen wir in Versuch I und II Reaktionen, die von denjenigen in der Ruhe nicht wesentlich verschieden sind. Dagegen konstatieren wir in den weiteren Versuchen nicht unwesentliche Differenzen. Im Versuch III ist die Pulsfrequenz nach Aufrichten nicht beschleunigt, sondern bleibt ungefähr auf der gleichen Höhe wie im Sitzen. Der Uebergang in die horizontale Lage verursacht aber in den vier letzten Versuchen eine ganz bedeutende Verlangsamung des Pulses, welche um sechs bis zehn Pulsationen unter der Frequenz im Beginn des Versuches ist. Besonders stark ist die Reaktion beim Uebergang von der horizontalen in die vertikale Lage, wo wir in den vier letzten Versuchen eine Zunahme von 10,2 bis 23,9 Pulsationen haben.

Es muss hier berücksichtigt werden, dass der Anfangspuls schneller war als in den Ruhepulsen. Die Pulsfrequenz im Sitzen betrug immer noch über 80 Pulsationen und im Versuch III, wo keine Beschleunigung beim Aufstehen konstatiert wurde, sogar 96.

Trotz der stärkeren Verlangsamung erreicht aber der Puls im Liegen nicht die Werte, die er in der Ruhe hatte; wir haben immer noch im Liegen Pulsfrequenzen von 89,3; 78; 87,5; 80; 82,5; 82,1; sodass der Lagewechsel den Einfluss der vorangegangenen Arbeit nicht vollständig zu verdecken vermag.

Diese stärkere Reaktion ist aber bald verschwunden; nach fünf Stunden (Tabelle 5), sind die Schwankungen viel geringfügiger. Das Kurvenbild nähert sich wieder demjenigen vor der Arbeit und nach 24 Stunden (Tabelle 6), haben wir zwei gleiche Reaktionen wie wir sie in der Ruhe konstatiert haben.

Die von uns nach Arbeit festgestellten Reaktionen fallen noch innerhalb der Grenzen, die Minassian für gesunde Individuen konstatiert hat. Jedenfalls geben uns unsere Ver-

suche keinen Anhaltspunkt zur Annahme einer abnormen Reaktion des Herzens nach Arbeit, die auf eine Insufficienz des Organs hinweisen würde.

Einfluss der Muskelarbeit auf die Pulsfrequenz in der Ruhe und nach einer anstrengenden Arbeit.

Wir haben nun zuletzt untersucht, ob das Herz auf eine bestimmte Arbeit nach einer anstrengenden Leistung anders reagiert als in ausgeruhtem Zustand. Zu diesem Zweck wurde die Reaktion des Herzens untersucht, welche sich einstellte nach Besteigen einer Treppe von 72 Stufen. Die Ruheversuche wurden in Basel und dann auf dem Mont-Soleil, drei Stunden nach vollendeter Arbeit, und 24 Stunden nachher gemacht. Es war nicht möglich, die Versuche unmittelbar nach der Arbeit zu machen, um nicht die Respirationsversuche zu beeinträchtigen.

Wir haben die Resultate unserer Versuche in folgender Tabelle zusammengestellt (Tabelle 7).

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Reaktion des Herzens drei Stunden nach einer anstrengenden Arbeit, sowohl in Bezug auf die unmittelbar nach Arbeit auftretenden Beschleunigungen, als in Bezug auf den Erholungsvorgang, sich in keiner Weise von der Reaktion in der Ruhe unterscheiden.

Wenn wir nun unsere Resultate zusammenfassen, so zeigen sie uns, dass das Herz eine ausserordentliche Anpassungsfähigkeit besitzt, dass selbst nach Leistungen, welche ein deutliches allgemeines Müdigkeitsgefühl verursachten, der Herzmuskel keinerlei Zeichen von Insuffizienz bietet und dass die geringfügigen Abweichungen der Reaktion, die wir konstatieren konnten, in unserm Falle in wenigen Stunden vollständig verschwunden sind.

Nachdem wir uns einmal an einer Versuchsperson über den Gang des Versuchs und den dabei auftretenden Reaktionen orientiert haben, werden wir nun durch ähnliche Versuche an andern Versuchspersonen den Umfang der hier zu Tage tretenden individuellen Variationen festzustellen haben.

Tabelle 3.

Vor Arbeit.

	Pulswert nach Lagewechsel.						Zu- oder Abnahme dieser Werte.					
Versuchsnummer . . .	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
1. Sitzend, Ruhepuls . .	70	64,9	60	56,6	58	66	70	64,9	60	56,6	58	66
2. Sofort nach Aufrichten .	81,2	72,5	68,3	71,5	68	76	+11,2	+7,6	+8,3	+14,9	+10	+10
3. 5 Min. „ „ .	77	67	66,7	66	61	65,5	−4,2	−5,5	−1,6	−5,5	−7	−10,5
4. Sofort „ Abliegen . .	75,2	63,2	63	62,5	62	63	−1,8	−3,8	−3,7	−3,5	−1	−1,5
5. 5 Min. „ „ .	68,8	61,5	55,5	55,5	56	67,5	−6,4	−1,7	−7,5	−7	−6	+4,5
6. Sofort nach Wiederaufrichten	75	74,3	65	64	66,3	70,8	+6,2	+12,8	+9,5	+8,5	+10,3	+3,3

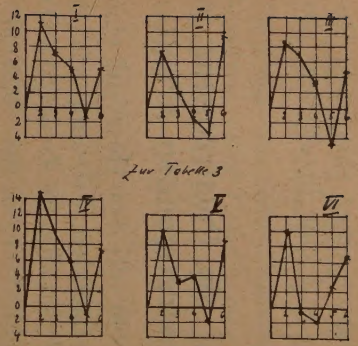


Tabelle 4.

½ Stunde nach Arbeit.

	Pulswert nach Lagewechsel.						Zu- oder Abnahme dieser Werte.					
Versuchsnummer . . .	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
1. Sitzend, Ruhepuls . .	92	80	96	90	87,2	92,5	92	80	96	90	87,2	92,5
2. Sofort nach Aufrichten .	103,8	82,8	95,7	98,2	95,4	101	+11,8	+2,8	−0,3	+8,2	+8,2	+8,5
3. 5 Min. „ „ . .	93,7	78	94	89,2	92	98,5	−10,1	−4,8	−1,7	−9	−3,4	−2,5
4. Sofort „ Abliegen . .	89,7	77,8	85	83,3	83,3	87,3	−4	−1	−9	−5,9	−8,7	−11,2
5. 5 Min. „ „ . .	89,3	78	87,5	80	82,5	82,1	−0,4	+0,2	+2,5	−3,3	−0,8	−5,2
6. Sofort „ Wiederaufrichten	99,5	90	101	98,1	97,1	106	+10,2	+12	+13,5	+18,1	+14,6	+23,9

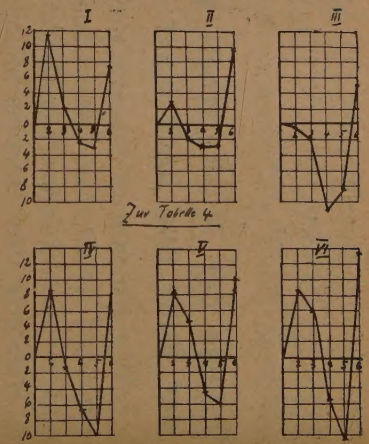


Tabelle 5.

5 Stunden nach Arbeit.

Versuchsnummer	Pulswerte nach Lagewechsel.						Zu- oder Abnahme dieser Werte.					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
1. Sitzend, Ruhepuls	67,3	70	64,5	64,5	66	73	67,3	70	64,5	64,5	66	73
2. Sofort nach Aufrichten	75	75,5	78,5	65,5	67	77	+7,7	+5,5	+14	+1	+1	+4
3. 5 Min. „ „	74,4	68	68,5	63	66	76	−0,6	−7,5	−10	−2,5	−1	−1
4. Sofort „ Abliegen	70,8	71,6	64,5	60	67	71	−3,6	+3,6	−4	−3	+1	−5
5. 5 Min. „ „	72	66	65,2	64	62	68	+1,2	−5,6	+0,7	+4	−5	−3
6. Sofort „ Wiederaufrichten	75	77,5	72	74	74,5	84,4	+3	+11,5	+6,8	+10	+12,5	+16,4

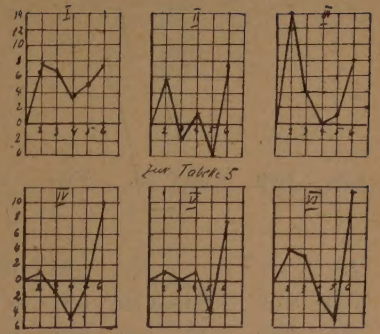


Tabelle 6.

24 Stunden nach Arbeit.

Versuchsnummer	Pulswerte nach Lagewechsel.						Zu- oder Abnahme dieser Werte.					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
1. Sitzend, Ruhepuls	61,2	61	58	56	57	59,5	61,2	61	58	56	57	59,5
2. Sofort nach Aufrichten	69	66,5	64	63,5	62,5	70	+7,8	+5,5	+6	+7,5	+5,5	+10,5
3. 5 Min. „ „	61	66,5	62	60	61,5	65,5	−8	0	−2	−3,5	−1	−4,5
4. Sofort „ Abliegen	63	64	60	56	62	63	+2	−2,5	−2	−4	+0,5	−2,5
5. 5 Min. „ „	59	61	57	59	58	59	−4	−3	−3	+3	−4	−4
6. Sofort „ Wiederaufrichten	62	68	66	63	66	62	+3	+7	+9	+4	+8	+3

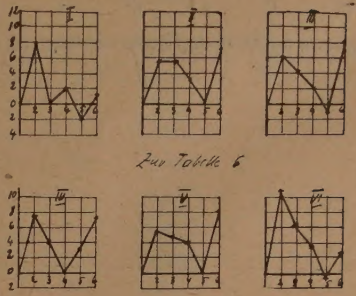


Tabelle 7.

Reaktion des Herzens auf eine kleine Arbeit.

	a) Vor der gr. Arbeit			b) 3 Stunden nach der grossen Arbeit						c) 24 Stunden nach der grossen Arbeit					
Versuchsnummer	I	II	III	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
Pulszahl nach 10 Min. ruhig stehen	75	84,5	76,2	76,6	66,5	76	68,8	70,1	83	60,7	71,6	62	61,4	60	66,6
„ sofort nach der kl. Arbeit	108	121,5	109,2	118,1	109,5	118	110	110,1	116	94,7	110	90	100,8	98,4	97
„ 3 Min. „ „ „ „	80	81,8	80	74,4	66	77,3	68	71	83,7	56,6	69,6	56,7	62,5	54,3	64
„ 5 „ „ „ „ „	78	83,8	77,5	77,1	66	80,7	73	69	81	61,8	74,2	57,4	66,8	57,8	66,2
„ 10 „ „ „ „ „	69,6	88,7	75,6	80	61	76	73,7	71,5	78,6	60	72,7	60	—	—	62
Zunahme der Pulszahl sofort nach der kl. Arbeit	33	37	32,2	44,5	43	42	41,2	40	33	34	38,4	28	39,4	38,4	30,4